

20. 交流回路の周波数特性（2）

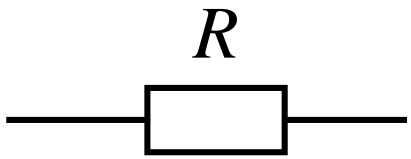
20. Frequency Characteristics of the Alternating Current (AC) Circuit (2)

講義内容

1. 直列回路のインピーダンス／アドミタンス
2. 並列回路のインピーダンス／アドミタンス
3. 周波数特性から見た回路の応用事例

周波数の変化によるインピーダンスの変化

抵抗 R


$$\dot{Z}_R = R$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_R = R$

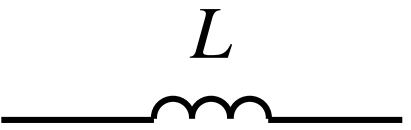
↓

変化 **なし**

↓

$f = \infty \quad \dot{Z}_R = R$

インダクタンス L


$$\dot{Z}_L = j\omega L = j2\pi fL$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_L = 0$

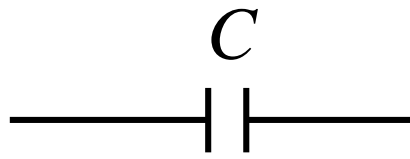
↓

インピーダンス **増大**

↓

$f = \infty \quad \dot{Z}_L = \infty$

キャパシタンス C


$$\dot{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2\pi fC} = -j \frac{1}{2\pi fC}$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_C = \infty$

↓

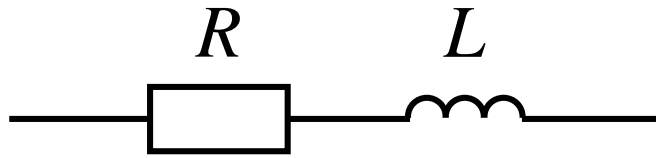
インピーダンス **低減**

↓

$f = \infty \quad \dot{Z}_C = 0$

RL直列回路／インピーダンス

RL直列回路

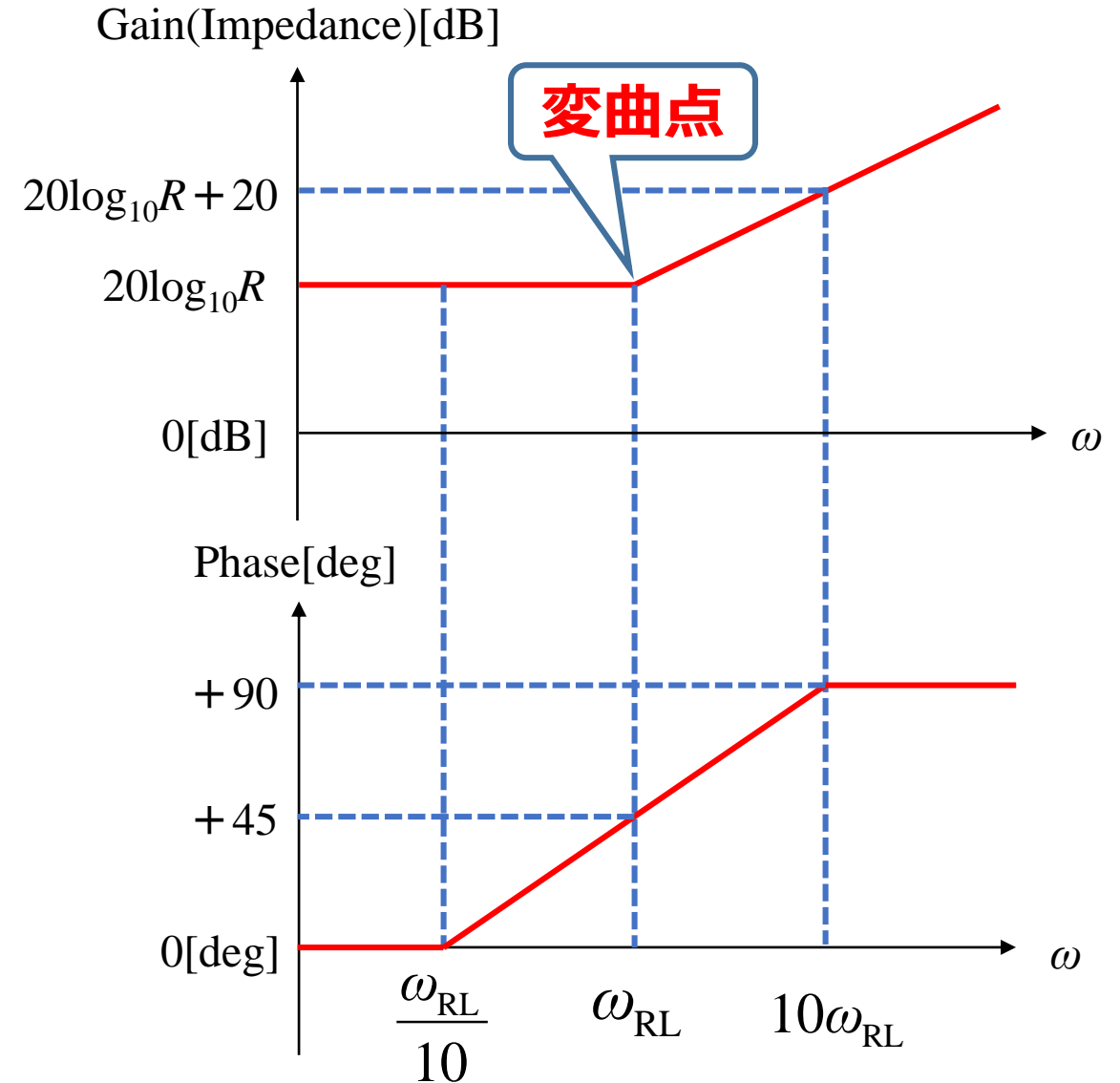


$$\dot{Z}_{RL_S} = R + j\omega L = |\dot{Z}_{RL_S}| \angle \theta_{Z_RL_S}$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_{RL_S} \approx R \quad (R \gg j\omega L)$ **R** が支配的

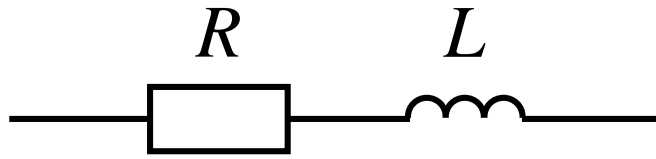
R性 から **L性** に変化

$f = \infty \quad \dot{Z}_{RL_S} \approx \infty \quad (R \ll j\omega L)$ **L** が支配的



RL直列回路／アドミタンス

RL直列回路



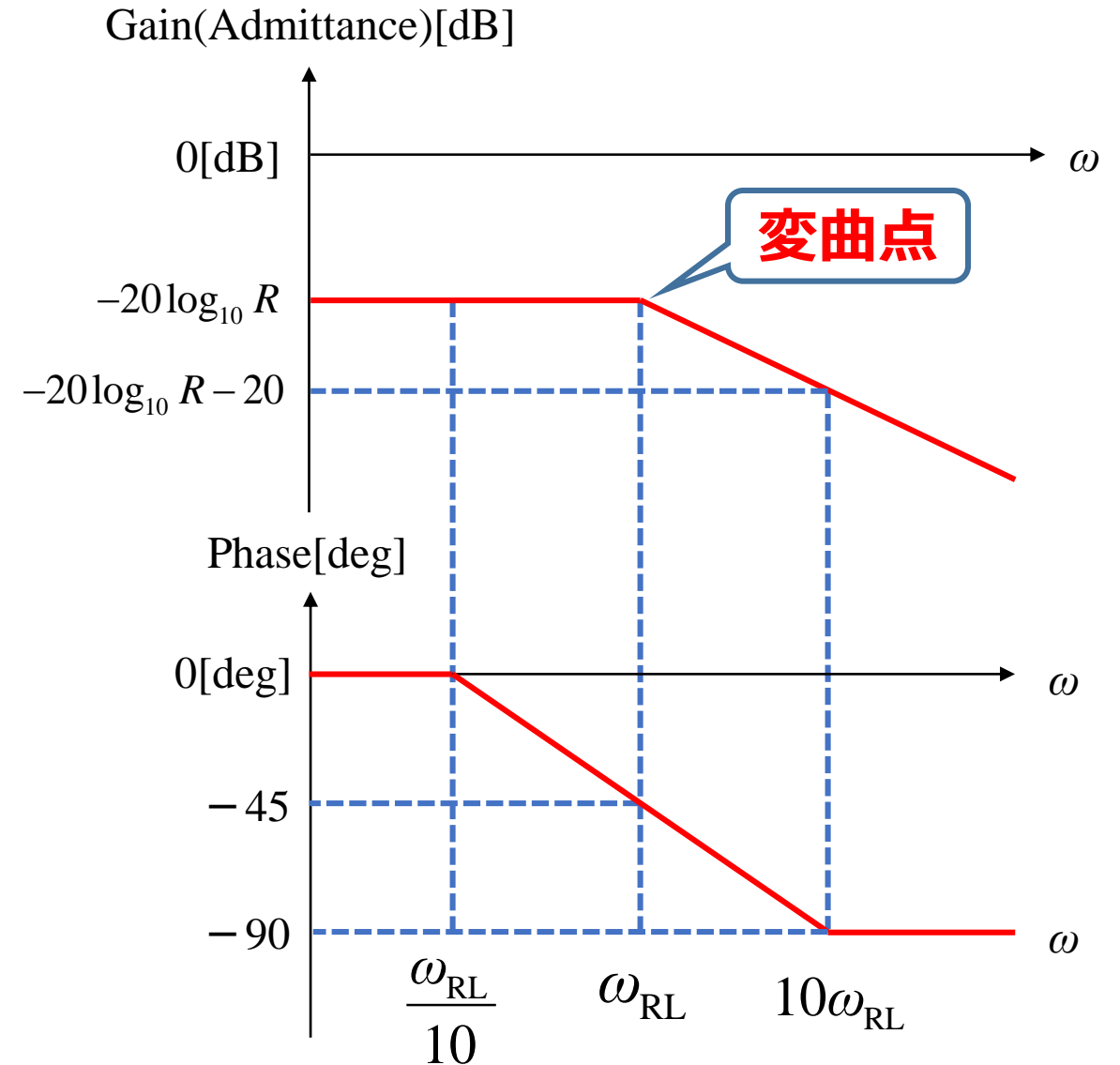
$$\dot{Y}_{RL_S} = \frac{1}{\dot{Z}_{RL_S}} = \frac{1}{|\dot{Z}_{RL_S}|} \angle -\theta_{Z_RL_S}$$

変曲点より **低** 周波領域

$$\dot{Z}_{RL_S} \approx R \quad \rightarrow \quad \dot{Y}_{RL_S} = \frac{1}{\dot{Z}_{RL_S}} \approx \frac{1}{R}$$

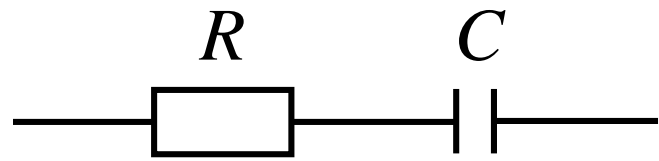
変曲点より **高** 周波領域

$$\dot{Z}_{RL_S} \approx j\omega L \quad \rightarrow \quad \dot{Y}_{RL_S} = \frac{1}{\dot{Z}_{RL_S}} \approx -j \frac{1}{\omega L}$$



RC直列回路／インピーダンス

RC直列回路

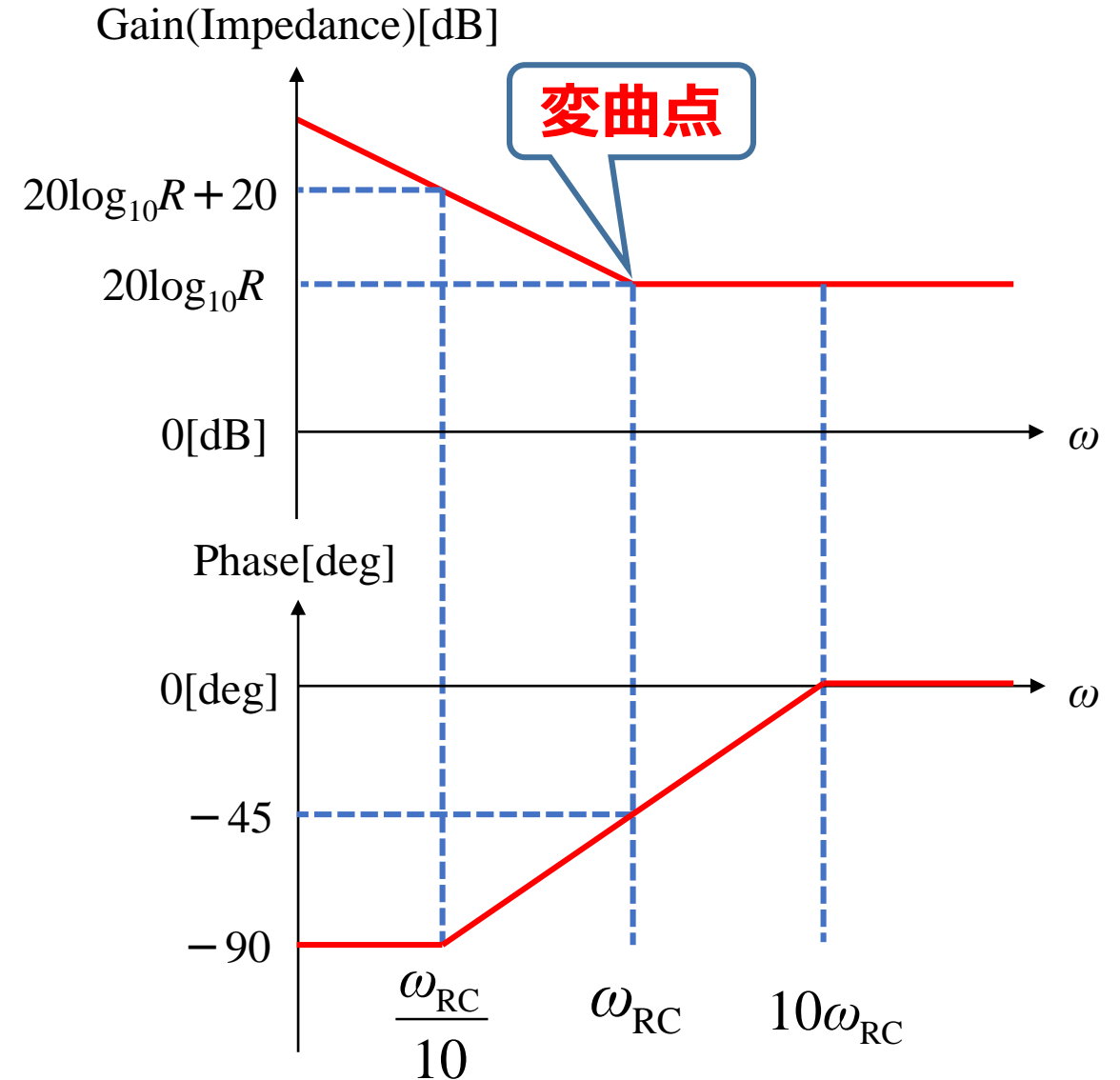


$$\dot{Z}_{RC_S} = R - j\frac{1}{\omega C} = |\dot{Z}_{RC_S}| \angle \theta_{Z_{RC_S}}$$

$f = 0 \quad \dot{Z}_{RC_S} \approx \infty \quad \left(R \ll \frac{1}{j\omega C} \right) \quad C \text{ が 支配的}$

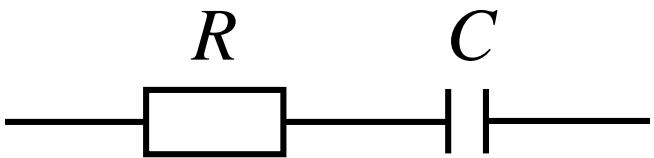
C性 から R性 に変化

$f = \infty \quad \dot{Z}_{RC_S} \approx R \quad \left(R \gg \frac{1}{j\omega C} \right) \quad R \text{ が 支配的}$



RC直列回路／アドミタンス

RC直列回路



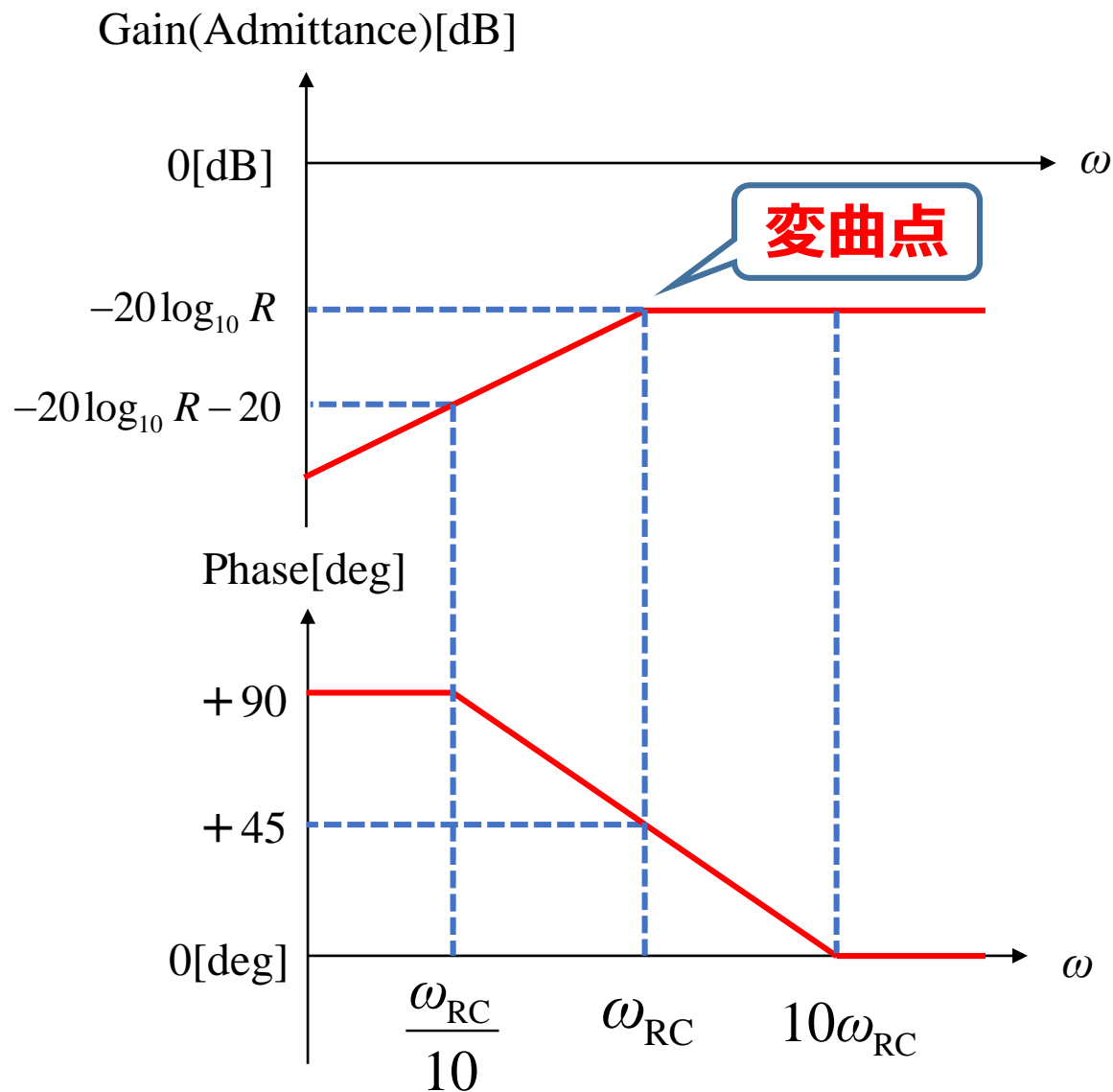
$$\dot{Y}_{RC_S} = \frac{1}{\dot{Z}_{RC_S}} = \frac{1}{|\dot{Z}_{RC_S}|} \angle -\theta_{Z_{RC_S}}$$

変曲点より **低** 周波領域

$$\dot{Z}_{RC_S} \approx \frac{1}{j\omega C} \quad \rightarrow \quad \dot{Y}_{RC_S} = \frac{1}{\dot{Z}_{RC_S}} \approx j\omega C$$

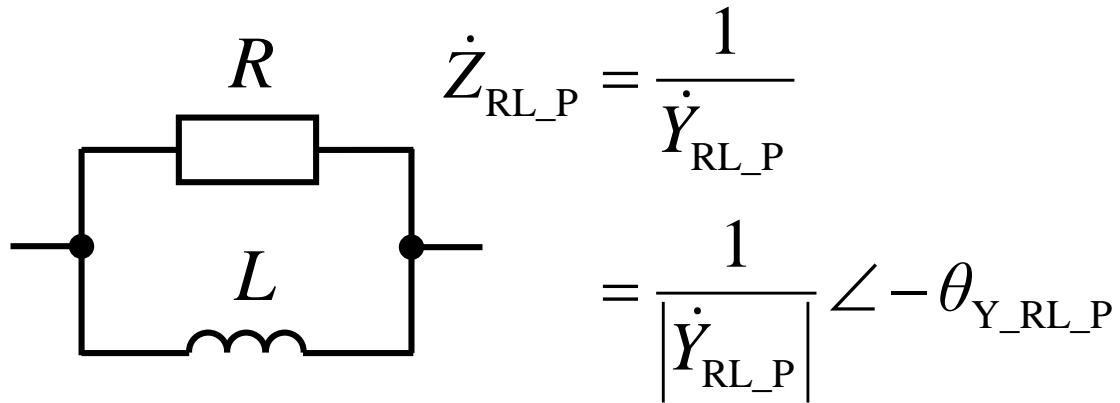
変曲点より **高** 周波領域

$$\dot{Z}_{RC_S} \approx R \quad \rightarrow \quad \dot{Y}_{RC_S} = \frac{1}{\dot{Z}_{RC_S}} \approx \frac{1}{R}$$



RL並列回路／インピーダンス

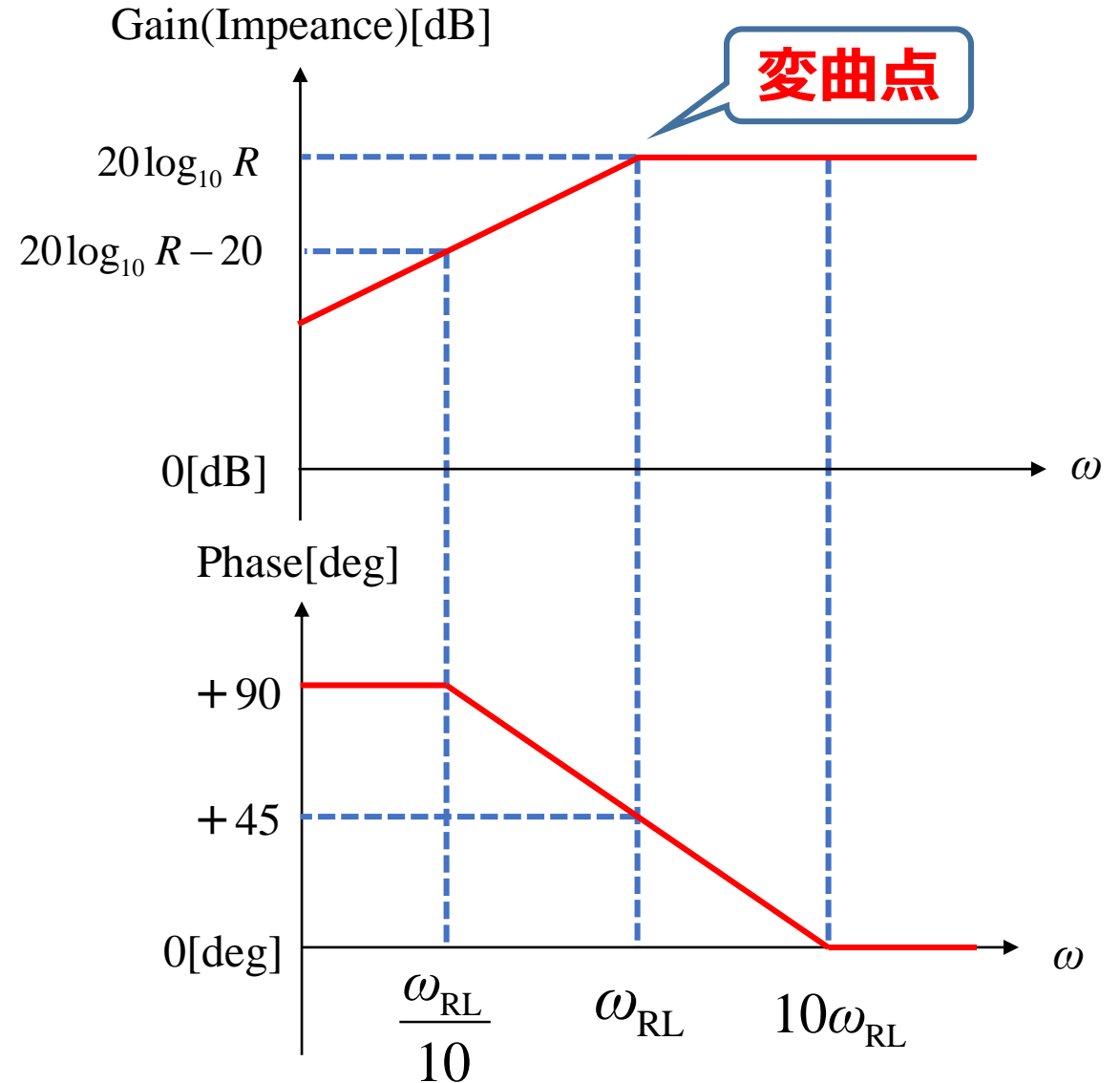
RL並列回路



$$f = 0 \quad \dot{Z}_{RL_P} \approx 0 \quad \left(\frac{1}{R} \ll \frac{1}{j\omega L} \right) \quad \text{L を通る}$$

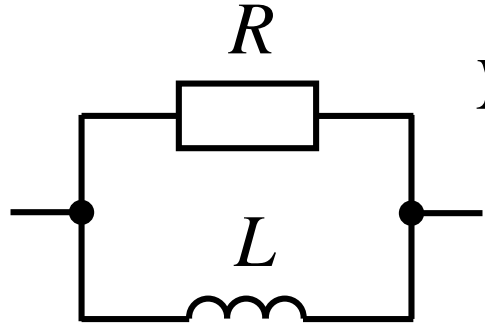
L性からR性に変化

$$f = \infty \quad \dot{Z}_{RL_P} \approx R \quad \left(\frac{1}{R} \gg \frac{1}{j\omega L} \right) \quad \text{R を通る}$$



RL並列回路／アドミタンス

RL並列回路



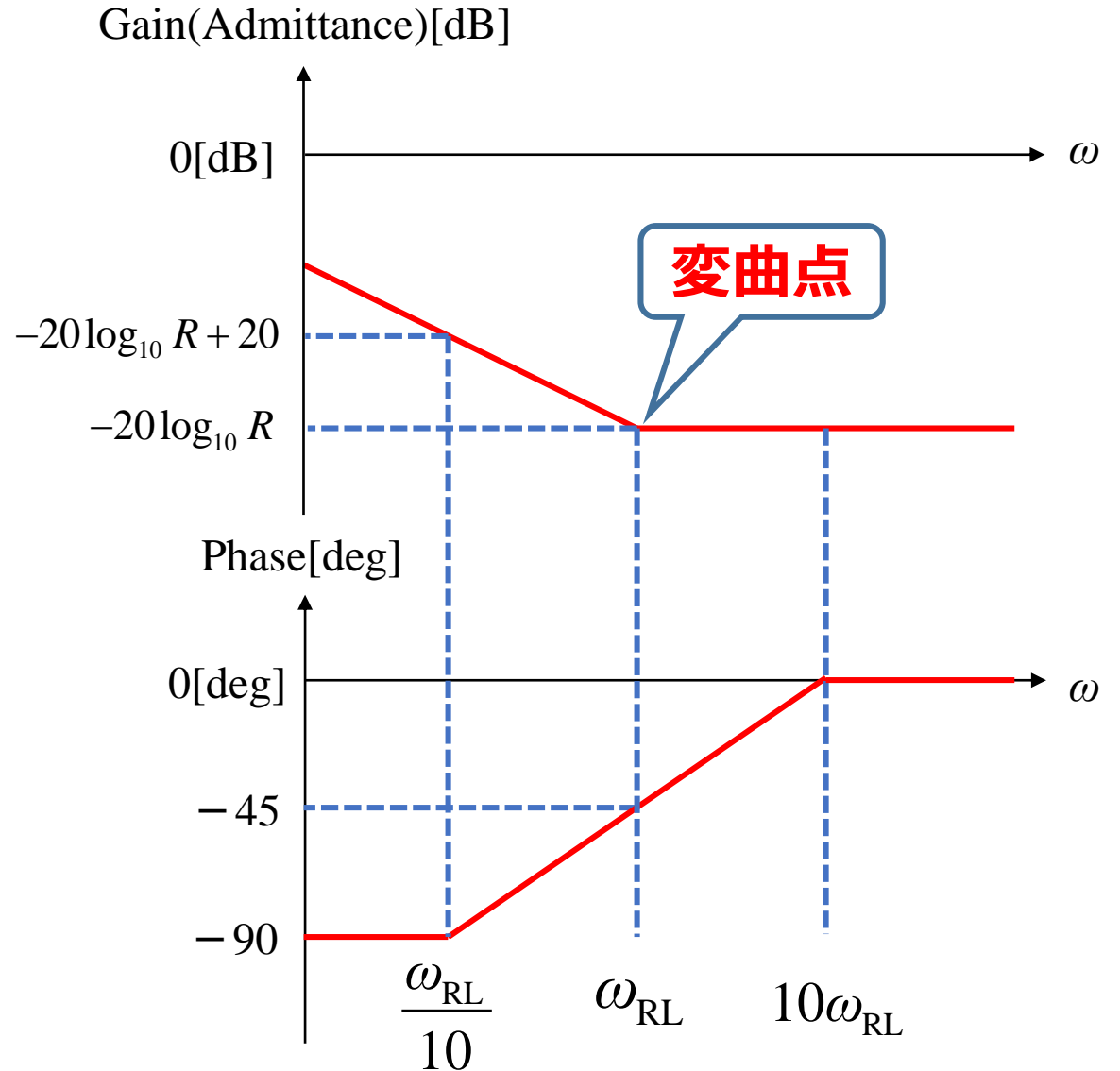
$$\begin{aligned}\dot{Y}_{RL_P} &= \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} \\ &= |\dot{Y}_{RL_P}| \angle \theta_{Y_RL_P}\end{aligned}$$

変曲点より **低** 周波領域

$$\dot{Z}_{RL_P} \approx j\omega L \quad \rightarrow \quad \dot{Y}_{RL_P} = \frac{1}{\dot{Z}_{RL_P}} \approx -j \frac{1}{\omega L}$$

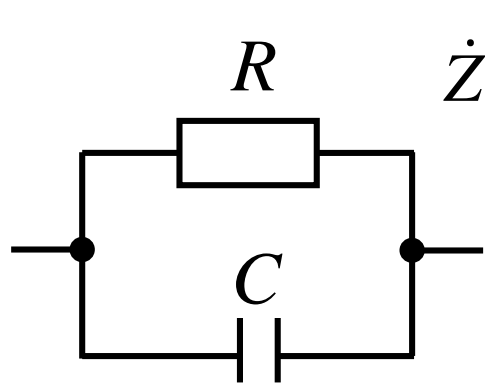
変曲点より **高** 周波領域

$$\dot{Z}_{RL_P} \approx R \quad \rightarrow \quad \dot{Y}_{RL_P} = \frac{1}{\dot{Z}_{RL_P}} \approx \frac{1}{R}$$



RC並列回路／インピーダンス

RC並列回路

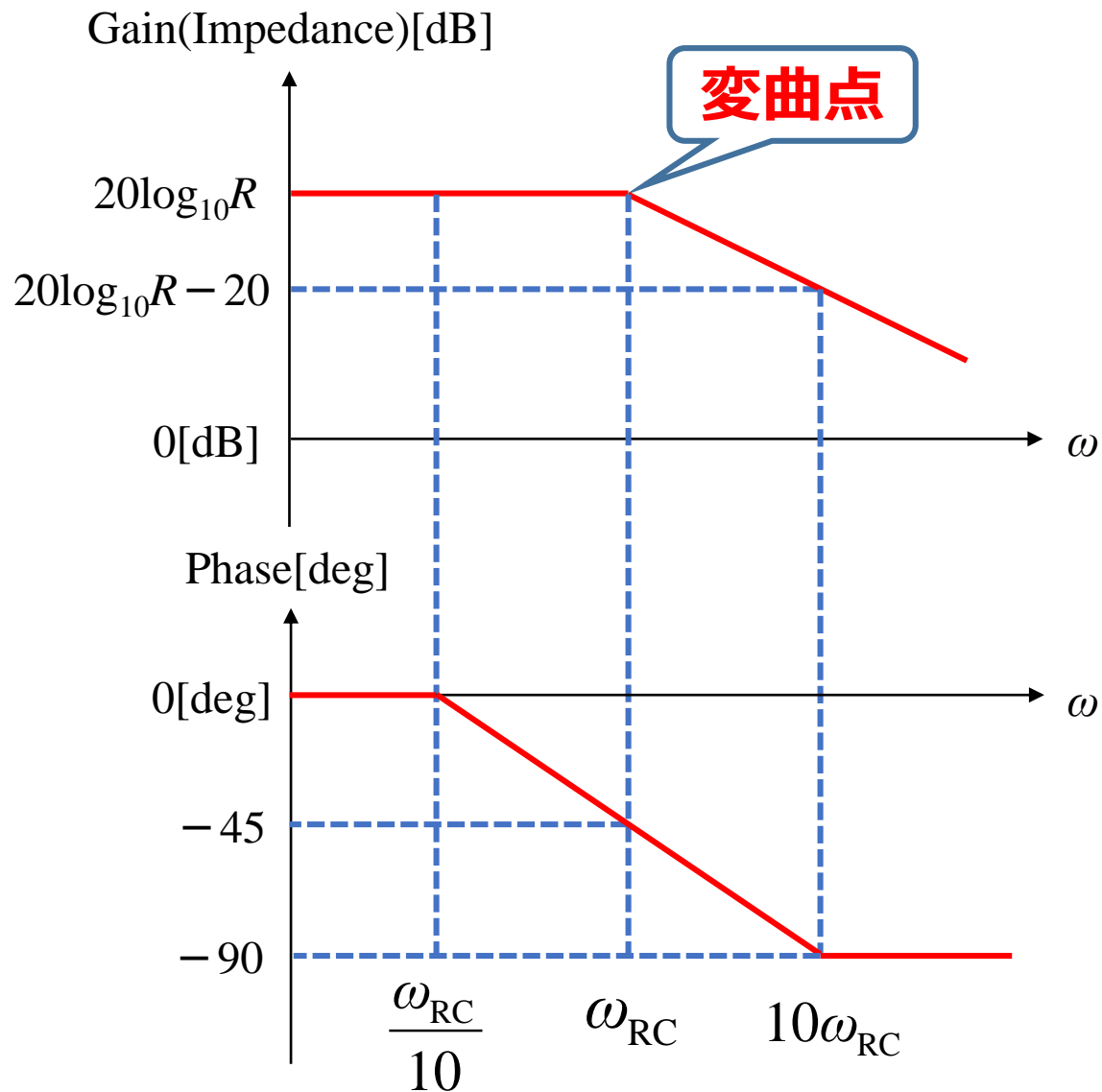


$$\begin{aligned}\dot{Z}_{RC_P} &= \frac{1}{\dot{Y}_{RC_P}} \\ &= \frac{1}{|\dot{Y}_{RC_P}|} \angle -\theta_{Y_RC_P}\end{aligned}$$

$$f = 0 \quad \dot{Z}_{RC_P} \approx R \quad \left(\frac{1}{R} \gg j\omega C \right) \quad \text{R を通る}$$

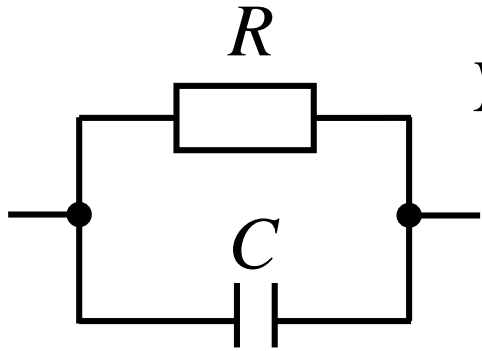
R性からC性に変化

$$f = \infty \quad \dot{Z}_{RC_P} \approx 0 \quad \left(\frac{1}{R} \ll j\omega C \right) \quad \text{C を通る}$$



RC並列回路／アドミタンス

RC並列回路



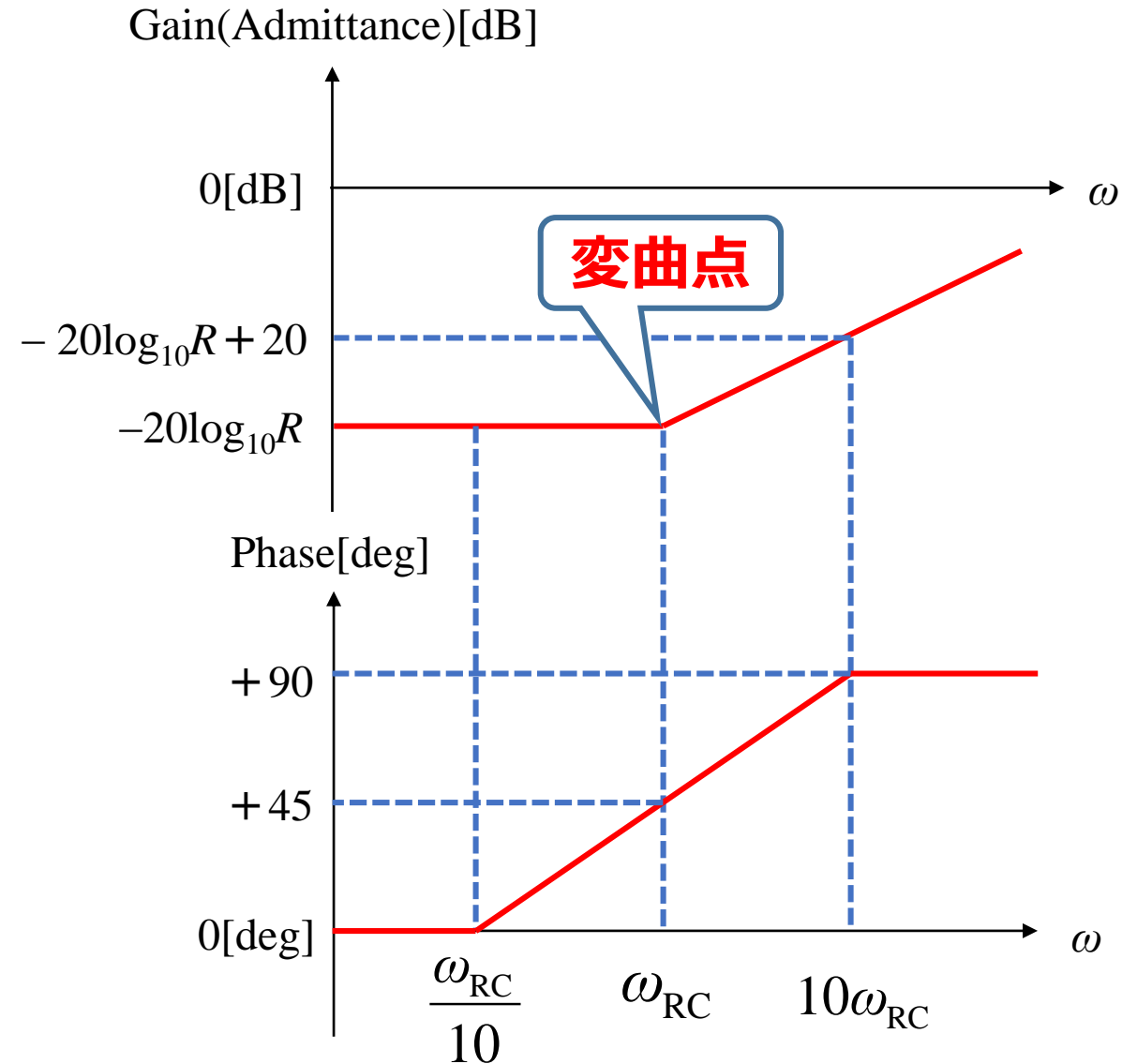
$$\begin{aligned}\dot{Y}_{RC_P} &= \frac{1}{R} + j\omega C \\ &= |\dot{Y}_{RC_P}| \angle \theta_{Y_RC_P}\end{aligned}$$

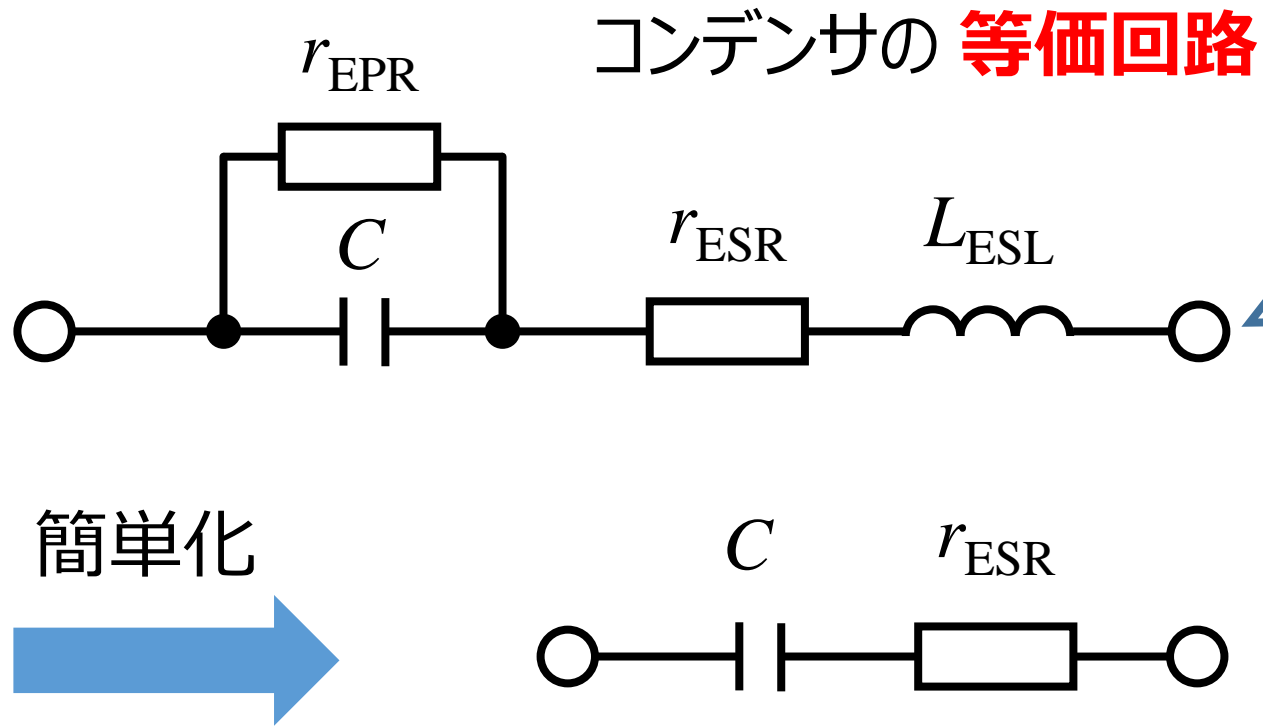
変曲点より **低** 周波領域

$$\dot{Z}_{RC_P} \approx R \quad \rightarrow \quad \dot{Y}_{RC_P} = \frac{1}{\dot{Z}_{RC_P}} \approx \frac{1}{R}$$

変曲点より **高** 周波領域

$$\dot{Z}_{RC_P} \approx \frac{1}{j\omega C} \quad \rightarrow \quad \dot{Y}_{RC_P} = \frac{1}{\dot{Z}_{RC_P}} \approx j\omega C$$



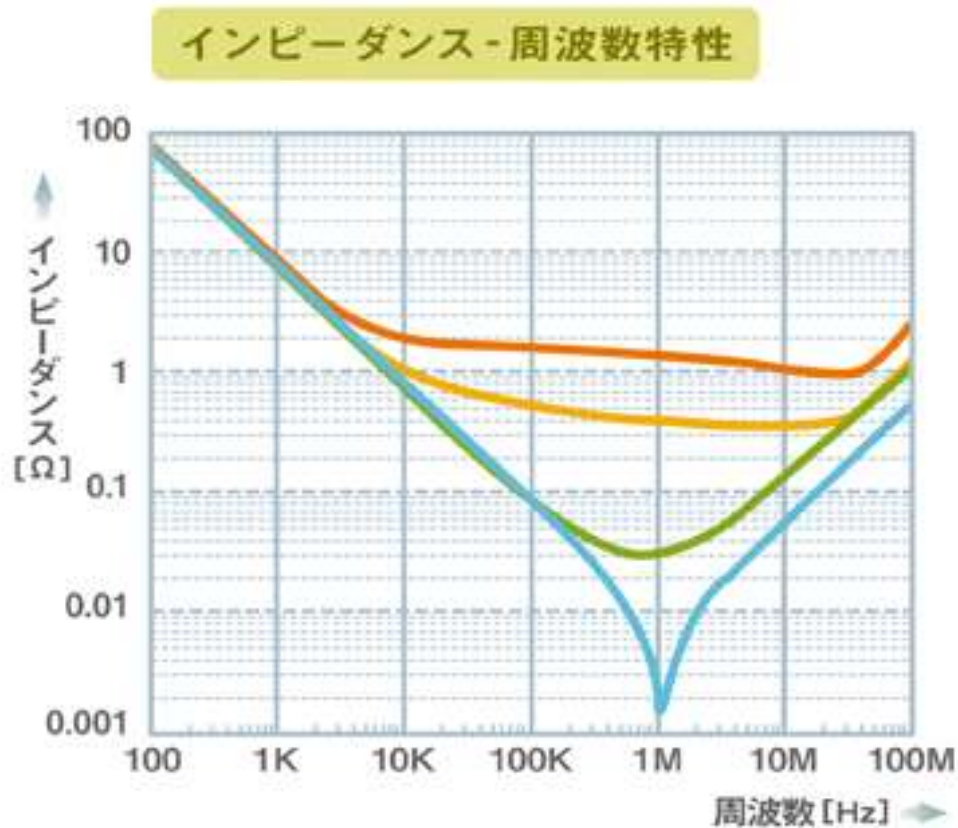


電解コンデンサの等価回路

- C : 静電容量
- r_{EPR} : 陽極酸化被膜の等価並列抵抗
- r_{ESR} : 等価直列抵抗
- L_{ESL} : 等価直列インダクタンス

一般的な使用範囲の周波数であれば、簡単化した回路で設計

キャパシタ（コンデンサ）の周波数特性



— アルミ電解
コンデンサ

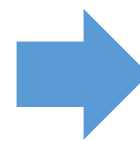
— タンタル電解
コンデンサ

10kHzまでは **キャパシタ** の動作をするが、10kHzより高周波では **抵抗** となる

— 機能性高分子
アルミ電解コンデンサ

— MLCC

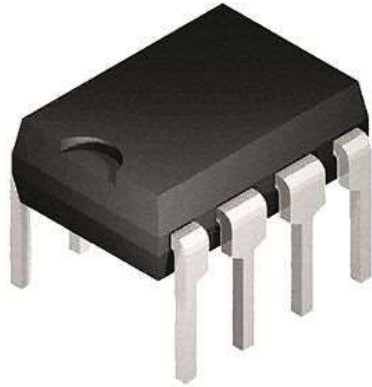
1MHzまでは **キャパシタ** の動作をするが、1MHzより高周波では **インダクタ** となる



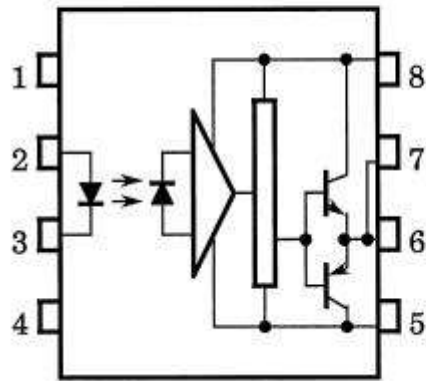
全周波数領域でキャパシタとして動作 **しない** ことに注意！

周波数特性から見た回路の応用事例

8pin-IC
Ex. フォトカプラ



ピン接続図

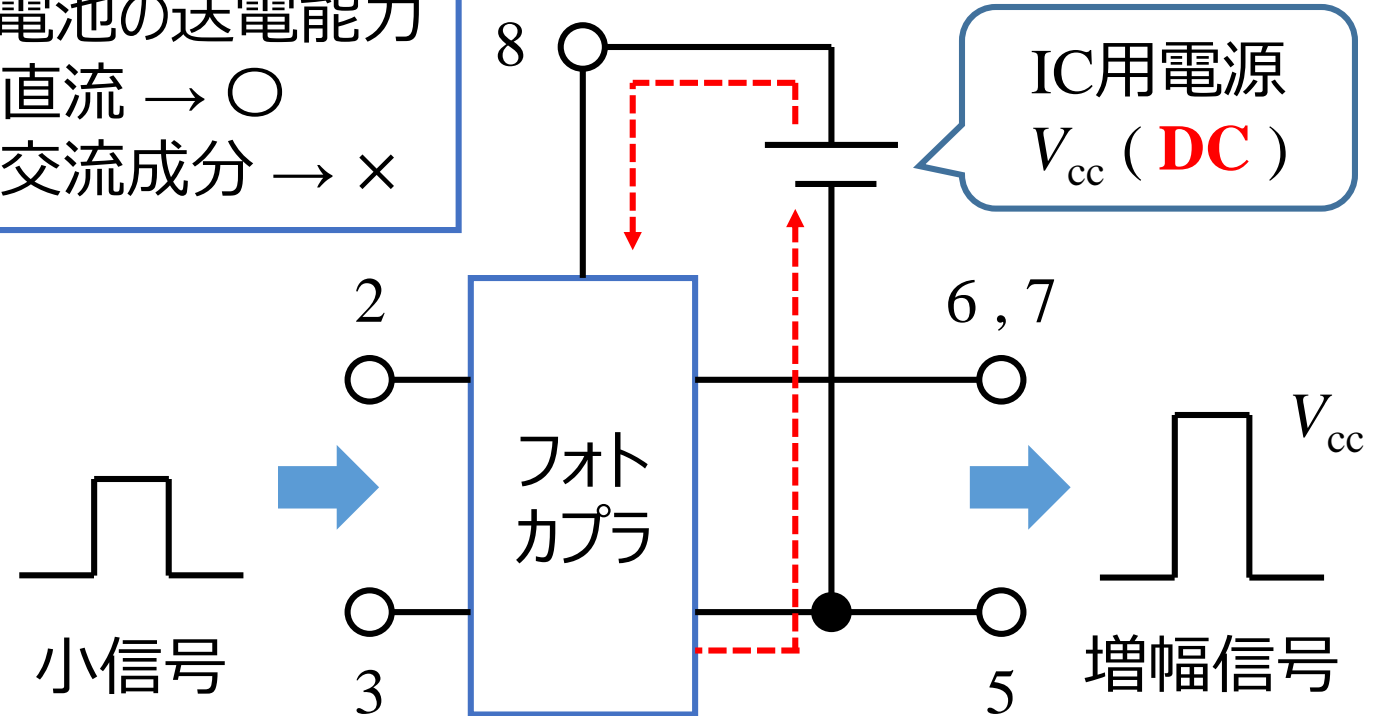


- 1 : N.C.
- 2 : アノード
- 3 : カソード
- 4 : N.C.
- 5 : GND
- 6 : V_O (出力)
- 7 : V_O
- 8 : V_{CC}

<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gi-02889/>

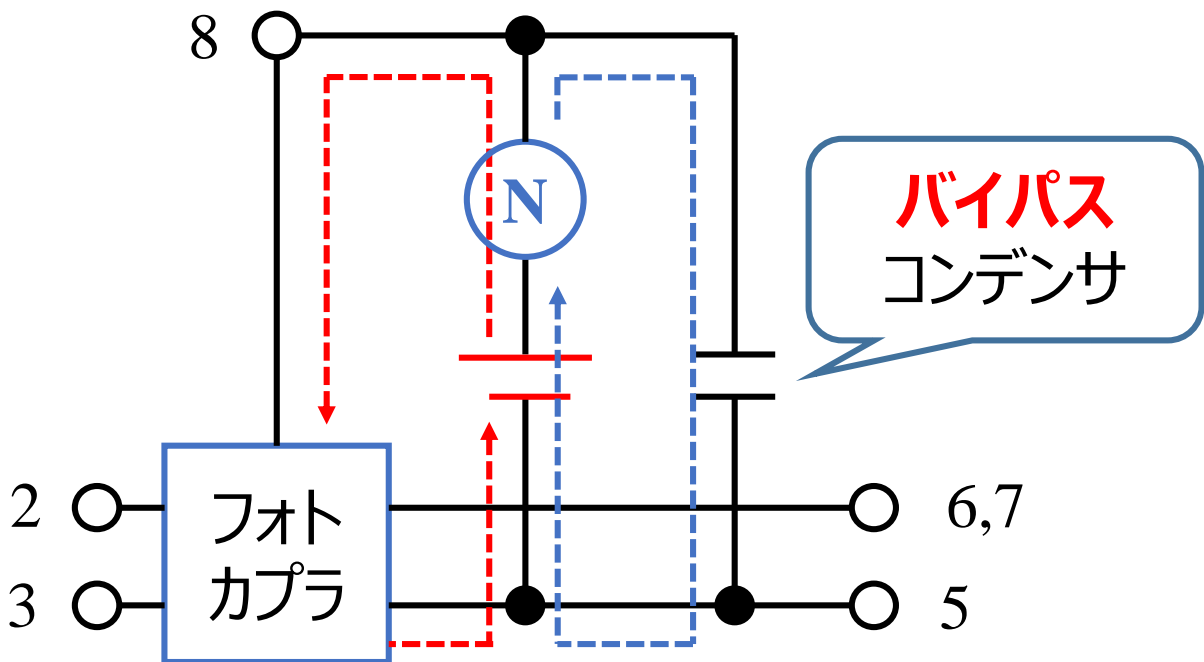
→ 2-3番ピンに入力された波形を **LED** 及び **フォトランジスタ** で **絶縁** し, 振幅を V_{cc} まで **増幅** し, 6及び7番ピンから出力する

電池の送電能力
直流 → ○
交流成分 → ×



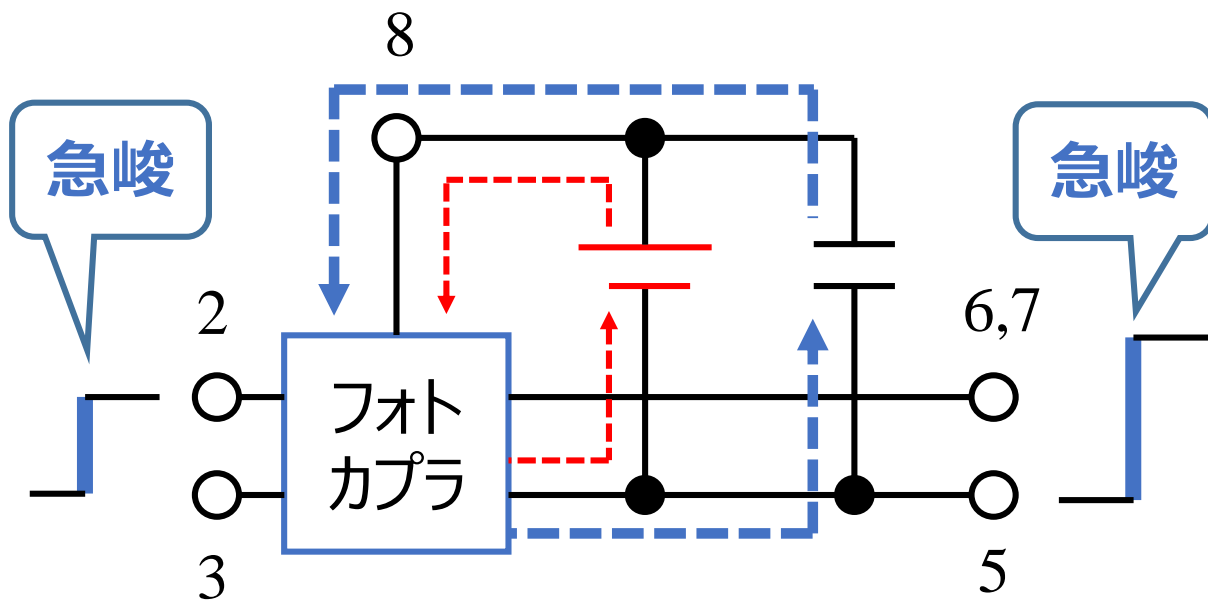
周波数特性から見た回路の応用事例

電源 に **高周波ノイズ(N)** が生じた場合



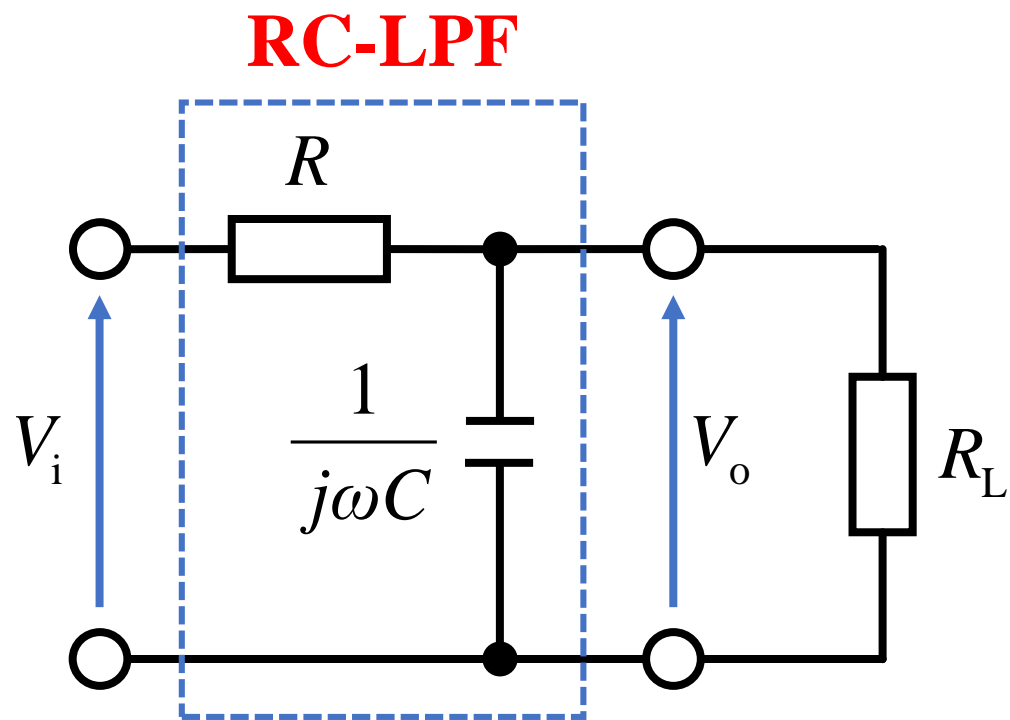
高周波ノイズが **バイパス** コンデンサを通るため、フォトカプラに **流れ込まない**
別名、**デカップリング** コンデンサ

IC が **急峻な電流** を要求した場合



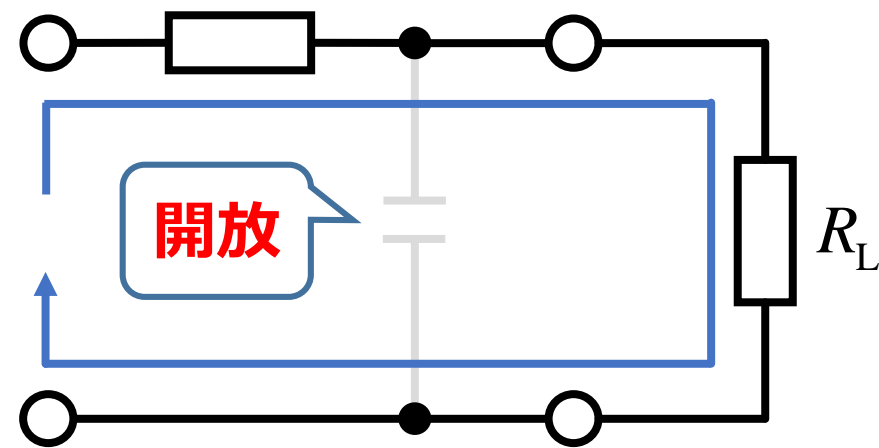
電源より **バイパス** コンデンサの方が **高** 周波のインピーダンスが **低い** ため、蓄積された電荷をすぐに **放出** できる

フィルタ回路：RC-LPF

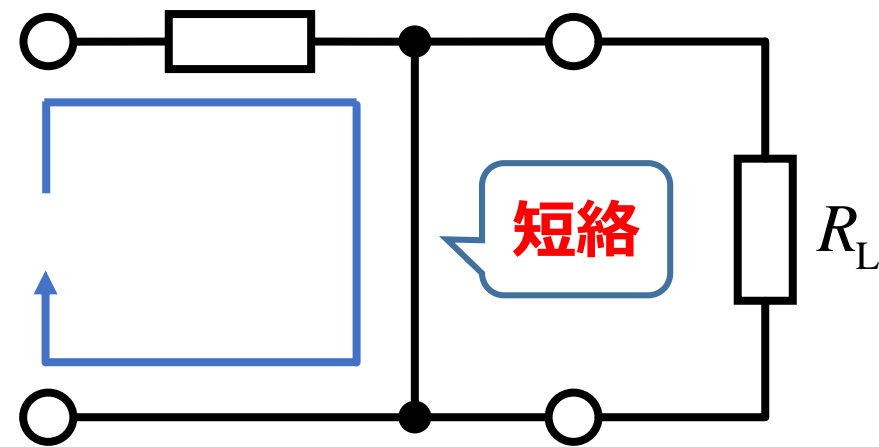


- 入力電圧 V_i : **低** 周波 + **高** 周波
 - 出力電圧 V_o : **低** 周波
- ➡ RC-LPFを通して **高** 周波をカット

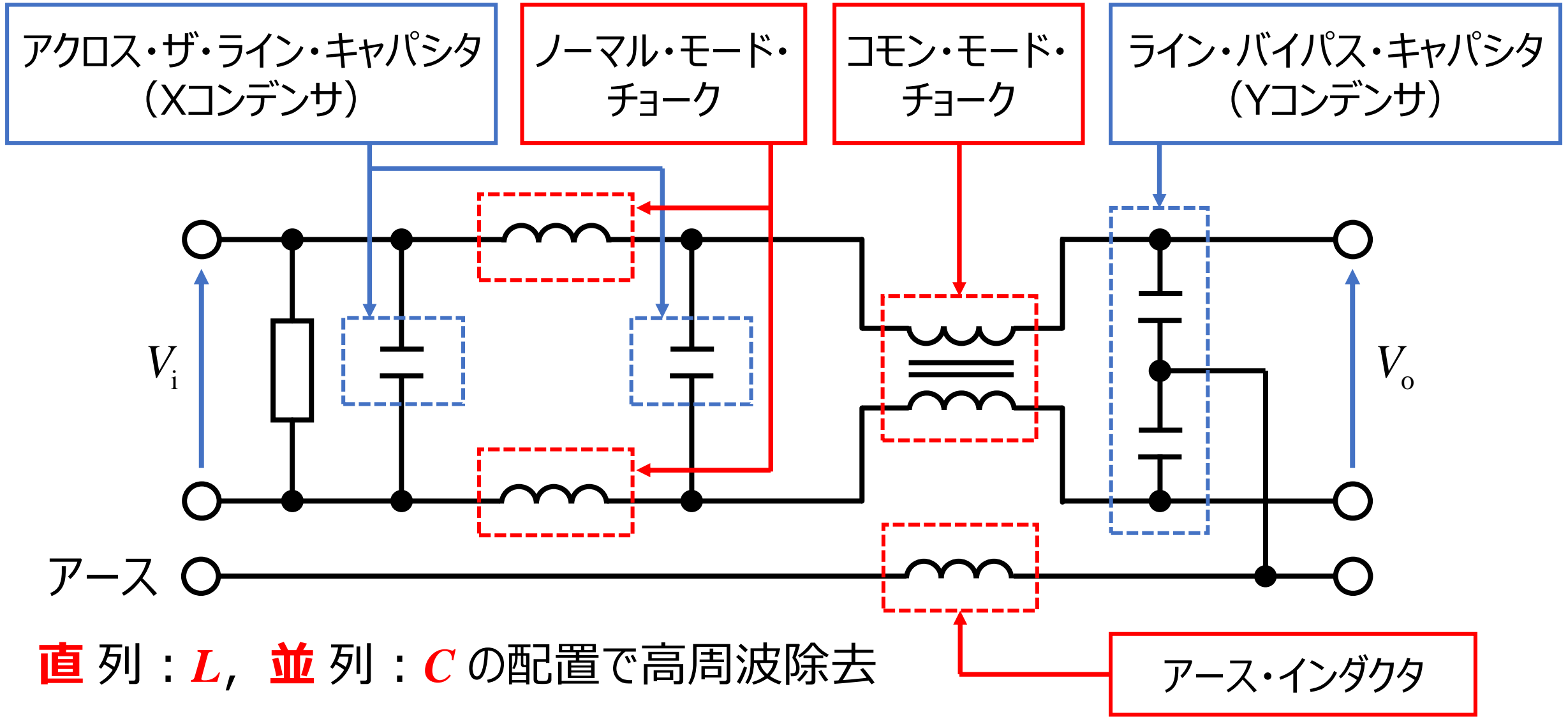
低 周波



高 周波



電源周りのノイズフィルタ



直列： L ，並列： C の配置で高周波除去

アース・インダクタ